



UniCEUB - Centro Universitário de Brasília
FATECS - Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas
Curso de Engenharia de Computação
Projeto Final

SINCRONIZAÇÃO DO TEMPO DE SINAL VERDE DE SEMÁFOROS UTILIZANDO MICROCONTROLADOR (MALHA ABERTA)

Por
Marcelo Quednau
RA: 2043650-2

Professora Orientadora:
Prof.^a MC. Maria Marony Sousa Farias Nascimento

Brasília
2008

MARCELO QUEDNAU

**SINCRONIZAÇÃO DO
TEMPO DE SINAL VERDE DE SEMÁFOROS
UTILIZANDO MICROCONTROLADOR
(MALHA ABERTA)**

Monografia apresentada à Banca Examinadora da Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas do Centro Universitário de Brasília - UniCEUB, como pré-requisito para a obtenção do certificado de conclusão do curso de Engenharia de Computação.

Orientadora: Maria Marony Sousa
Farias Nascimento

Brasília/DF, Junho de 2008

AGRADECIMENTOS

Agradeço a

Deus, primeiramente, que me iluminou e concedeu-me forças para percorrer este longo caminho.

Minha esposa, Fernanda, que incansavelmente, esteve ao meu lado, compartilhando alegrias e tristezas e me dando força para seguir em frente.

Meus pais e irmão, que mesmo morando longe, torcem pelo meu sucesso. É um privilégio compartilhar minhas vitórias com vocês.

Marony, pelos ensinamentos durante o curso e pelo apoio e consideração durante todo o desenvolvimento desta monografia. E aos demais professores, que fizeram parte da minha jornada, contribuindo para meu crescimento pessoal e profissional.

Meus amigos, pela minha ausência nos encontros. E todas as pessoas, que, de alguma maneira contribuíram com palavras e gestos de apoio e incentivo.

Obrigado a todos!

***“Algo só é impossível até que alguém
duvide e acabe provando o contrário”
(Albert Einstein)***

RESUMO

Neste projeto, é demonstrado o funcionamento de um dos diversos algoritmos para a sincronização de semáforos de uma via principal, utilizando o princípio da malha aberta. O sincronismo utilizado neste projeto é para ajustar o tempo do sinal verde. Este sincronismo de tempo do sinal verde também é comumente conhecido como “onda verde”, pois se o motorista mantiver a mesma velocidade estabelecida para o sincronismo, ele efetivamente encontrará todos os próximos semáforos com o sinal na cor verde, não havendo desta maneira, necessidade de parar o veículo.

Neste projeto, a sincronização do tempo de verde de cinco semáforos é demonstrada através da utilização de uma maquete, empregando um algoritmo escrito em assembly e enviado a um microcontrolador, que fará o acionamento dos semáforos representados aqui neste projeto por led's.

Palavras chaves: Semáforo; Sincronismo; Onda Verde; Microcontrolador.

ABSTRACT

In this project, it demonstrated the operation of one of various algorithms for the synchronization of traffic lights on a major route, using the principle of the open mesh. The sync used in this project is to adjust the time the green light. This sync of time of the green light is too commonly known as "green wave", because if the driver maintains the same rate established for the sync, it effectively will find all next traffic lights with the signal lights to green, without to need to stop the vehicle.

In this project, the synchronization of the time of five green lights is demonstrated through the use of a model, using an algorithm written in assembly and sent to a microcontroller, that will command the traffic lights represented here on this project by led's.

Key words: Traffic lights; Sync; Green Wave; Microcontroller

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	VIII
LISTA DE TABELAS	IX
LISTA DE ABREVIACÕES E SIGLAS	X
CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO.....	11
1.1 MOTIVAÇÃO	11
1.2 OBJETIVOS DO PROJETO	12
1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO	13
CAPÍTULO 2 – TRÂNSITO	14
2.1 OS AVANÇOS NO BRASIL	15
CAPÍTULO 3 – CONTROLES DE TRÂNSITO	17
3.1 SEMÁFORO VEICULAR	17
3.2 TERMOS DA TEMPORIZAÇÃO	19
3.2.1 Fase	19
3.2.2 Ciclo ou Tempo de Ciclo	20
3.2.3 Estágio	20
3.2.4 Período de Entreverdes	20
3.2.5 Vermelho Total	20
3.2.6 Diagrama de Tempo	20
3.3 PLANO DE TRÁFEGO	23
3.4 CONTROLES DE INTERSEÇÕES	23
3.4.1 Tipos de Controles	24
3.4.2 Categoria de Política de Controle	25
3.4.2.1 Controle Isolado do Cruzamento	25

3.4.2.2 Controle Arterial de Cruzamentos (Rede Aberta)	25
3.4.2.3 Controle em Rede Fechada	26
CAPÍTULO 4 – ONDA VERDE	27
4.1 SISTEMA PROGRESSIVO	31
4.2 SINCRONIZAÇÃO PELO SISTEMA PROGRESSIVO – VIAS DE MÃO ÚNICA	31
CAPÍTULO 5 – IMPLEMENTAÇÃO DO PROJETO	35
5.1 PLANEJAMENTO	35
5.2 DISTÂNCIA ENTRE OS SEMÁFOROS	36
5.2.1 Plano de Tráfego do Projeto	37
5.3 ALGORITMO	40
5.4 MONTAGEM DA MAQUETE	42
5.5 KIT DE DESENVOLVIMENTO CW552	46
5.5.1 Contadores e Temporizadores	49
5.5.1.1 Modo 1 - 16 Bits	52
CAPÍTULO 6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS	53
6.1 RESULTADOS E CONCLUSÕES	53
6.2 DIFICULDADES ENCONTRADAS	53
6.3 PROPOSTAS FUTURAS	54
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55
APÊNDICE A – Código Fonte	57

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1	Movimentos de aproximações e diagramas de estágios	22
Figura 2.2	Diagrama de tempos	22
Figura 4.1	Diagrama de espaço x tempo da “onda verde”	33
Figura 5.1	Mapa das distâncias entre os semáforos	36
Figura 5.2	Mapa dos tempo entre os semáforos	37
Figura 5.3	Diagrama de espaço x tempo do plano de tráfego do horário normal	38
Figura 5.4	Diagrama de espaço x tempo do plano de tráfego do horário de pico	39
Figura 5.5	Pintura da maquete	43
Figura 5.6	Maquete pronta e detalhe dos led's	43
Figura 5.7	Maquete completa	43
Figura 5.8	Esquema elétrico para o acionamento da ligação do led	44
Figura 5.9	Esquema do Amplificador BC548	44
Figura 5.10	Representação elétrica da ligação dos led's	45
Figura 5.11	Kit de Desenvolvimento CW552	47
Figura 5.12	Placa impressa do kit com a distribuição dos componentes e dos pinos	47
Figura 5.13	Comunicação entre o computador e o Kit	48
Figura 5.14	Cabo conversor de interface serial (9 pinos) para USB	49
Figura 5.15	Timer/Counter Modo 1	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 5.1	Conexão dos led's com as portas do microcontrolador	46
Tabela 5.2	Bits que compõem o TMOD	51
Tabela 5.3	Bits que compõem o TCON	51

LISTA DE ABREVIações E SIGLAS

Ampère	Unidade de medida de corrente elétrica
DB-9	Conector Serial, padrão RS-232, com nove pinos
LED	Light Emitting Diodes - Diodo Emissor de Luz
mA	mili Ampère. Unidade de corrente dividida por mil
Protoboard	Matriz de contatos
Ohms	Unidade de medida de resistência.
RAM	Random Access Memory - Memória de Acesso Randômico.
RS-232	Padrão da Interface Serial.
USB	Universal Serial Bus – Barramento Serial Universal

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

1.1 MOTIVAÇÃO

Uma das necessidades básicas do ser humano é se locomover de forma rápida e satisfatória e atualmente, com o aumento da população e o crescimento das cidades, o transporte urbano tem assumido proporções preocupantes. (REIS; FARIA; ALMEIDA, 2004)

Formas de otimizar o fluxo de veículos têm sido estudadas, uma vez que este estudo pode reduzir os desperdícios de tempo, de combustível e até minimizar o esforço empreendido nos deslocamentos diários dos habitantes de uma cidade. (*idem*)

O recurso técnico utilizado para o controle dos fluxos é o semáforo. (*idem*)

Nas grandes cidades brasileiras, é crescente o número de interseções semaforizadas, tendo como objetivo proporcionar maior segurança à travessia de pedestres e veículos. Sabe-se, no entanto, que normalmente o aumento de segurança promove perda de fluidez na malha viária, resultando em longos tempos de viagem. Esse paradoxo vivido pelos engenheiros de tráfego é justificado em períodos de alta e média demanda de veículos, em que o número de conflitos aumenta bastante. Já em períodos de baixo volume de tráfego, uma grande quantidade de semáforos, quando não coordenados de forma eficiente, provoca tempos de espera desnecessários, gerados pelo número excessivo de paradas nas interseções, promovendo o desrespeito à sinalização semafórica e elevando o risco de colisões e atropelamentos. (PAIVA NETO; CASTRO NETO; LOUREIRO)

Pode-se observar em diversas vias de transito aqui do Distrito Federal e também em outras cidades brasileira, que os semáforos não são utilizados da melhor maneira possível, visto que com a tecnologia existente nos dias de hoje, é possível tornar um semáforo mais funcional e mais automatizado.

Foi pensando nesta deficiência de recursos utilizados nos semáforos que este projeto sugere um algoritmo capaz de fazer o sincronismo dos semáforos ao longo de uma via principal de transito, formando assim a “onda verde”.

1.2 OBJETIVOS DO PROJETO

Neste projeto é apresentada uma sugestão de algoritmo para sincronizar o acionamento das lâmpadas dos semáforos de uma via principal de transito, fazendo com que o motorista sempre encontre o próximo semáforo na cor verde, se ele mantiver a velocidade constante próxima a velocidade de sincronismo escolhida para a via.

O sincronismo é demonstrado em uma maquete com cinco semáforos representados por led's, onde é possível observar a troca de cores dos semáforos conforme a tabela de plano de tráfego já inserida no microcontrolador.

O microcontrolador possui três planos de tráfego e eles são executados em seqüência para fins de demonstração. Desta maneira, pode-se mostrar que, mesmo com o sincronismo do tipo malha aberta, é possível ter uma pequena dinamicidade do controle de fluxo, variando o tempo do ciclo conforme um determinado horário por exemplo.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho está organizado em seis capítulos, conforme detalhamento a seguir:

Capítulo 1: É o capítulo atual, onde se encontra a introdução juntamente com os objetivos e estrutura do trabalho.

Capítulo 2: São apresentados os aspectos básicos do trânsito

Capítulo 3: Neste capítulo é apresentado o controle de trânsito.

Capítulo 4: É apresentado a “onda verde” e sua característica.

Capítulo 5: São apresentados a implementação do projeto, o algoritmo e características do kit CW552.

Capítulo 6: Finalmente, neste capítulo, são apresentadas a conclusão, dificuldades encontradas e sugestões de trabalhos futuros.

CAPÍTULO 2 – O TRÂNSITO

A Revolução Industrial desencadeou um processo de concentração populacional nos grandes centros urbanos que têm-se demonstrado uma tendência difícil de reverter. As cidades cresceram em demasia e muito rapidamente, o que não permitiu que os planejadores urbanos pudessem, na maioria das vezes, realizar um bom trabalho de urbanização. Mesmo nas cidades planejadas, em que tudo o que se fez estava baseado em projeções futuras, o tráfego urbano também é problemático. Quando Brasília foi projetada, esperava-se que por suas ruas viessem a trafegar cem mil automóveis no ano 2000. Em 1996 já havia setecentos mil veículos circulando pelas vias da cidade. Ninguém conseguiu prever que os automóveis fossem se multiplicar em ritmo tão alucinado. Além disso, quase todas as grandes cidades da atualidade já existiam muito antes do advento do automóvel e suas ruas, principalmente nas áreas mais antigas, são estreitas e incapazes de dar vazão ao tráfego atual, de forma satisfatória. (GRAEML, 1997).

Se por um lado a nova revolução, da era da informação, promete permitir que as pessoas voltem a morar em cidades menores, em busca de melhor qualidade de vida, o que acarretaria em diminuição da pressão sobre as vias públicas nos grandes centros, por outro lado, a criação dos computadores portáteis emancipou e energizou as operações, permitindo que os empregados saiam dos escritórios para fazer negócios, visitar clientes e ser mais agressivos em suas atividades de vendas. Toda essa gente está nas ruas, indicando que o aumento do tráfego de bits pelas redes de comunicações também é acompanhado da mobilidade física das pessoas. (*idem*).

Até alguns anos, o congestionamento das vias públicas era considerado apenas como um fator de desagradável e dispendiosa perda de tempo das pessoas. Mais recentemente, outros fatores importantes passaram a ser motivo de preocupação: (a) os congestionamentos são responsáveis por um sensível aumento nos níveis de poluição atmosférica, (b) o volume do tráfego de mercadorias aumenta a cada dia, o mesmo acontecendo com o valor das cargas transportadas. (*idem*).

As pessoas normalmente não têm uma noção clara do valor do seu tempo e por isso não pressionavam tanto as autoridades com relação aos atrasos no trânsito. Mas as transportadoras e outras empresas que dependem do fluxo eficiente de suas mercadorias sabem exatamente o quanto estão perdendo quando seus veículos ficam presos no tráfego e começam a exigir soluções rápidas para o problema. (*idem*).

2.1 OS AVANÇOS NO BRASIL

O aumento do poder aquisitivo das camadas menos favorecidas da população brasileira, decorrente principalmente do controle da inflação a partir do Plano Real, possibilitou um aumento substancial do tráfego nas grandes cidades brasileiras. A péssima qualidade do transporte coletivo, associada ao baixo custo dos combustíveis, passaram a contribuir para que muitos trabalhadores optassem pelo transporte individual. São mais carros, muitos dos quais longe de estarem nas melhores condições de uso, que invadiram as ruas.

As prefeituras das metrópoles brasileiras estão sensibilizadas pelo trânsito caótico a que seus moradores se submetem. Muitas têm investido em obras civis, de

grande envergadura, visando facilitar o escoamento do tráfego através de largas avenidas. Outras têm priorizado o transporte coletivo, na esperança de ver menos carros particulares nas ruas, melhorando assim a circulação. (GRAEML, 1997).

Poucas são, contudo, as soluções que envolvem os recursos da informática e da automação.

Nas últimas décadas, começaram a aparecer alguns indícios de automação no trânsito nas metrópoles brasileiras. Em Curitiba e algumas outras capitais, foram instaladas lombadas eletrônicas que detectam a velocidade com que o veículo passa por um determinado ponto e fotografam aqueles que não respeitam o limite de velocidade. No Rio de Janeiro, a sincronização de semáforos ganhou o apelido de "onda verde". Em São Paulo a empresa Interchange desenvolveu o SIGA (Serviço Informatizado das Condições do Trânsito). O programa fornece boletins sobre os 53 principais corredores da cidade, atualizados a cada 30 minutos através da internet. (GRAEML, 1997).

CAPÍTULO 3 - CONTROLES DE TRÂNSITO

A autorização e a proibição de movimentos para os veículos de uma corrente de tráfego são feitas por equipamentos instalados nos cruzamentos e estes são denominados de semáforos. (DENATRAN, 1984)

O semáforo é um instrumento de controle modificável que informa as prioridades de passagem para motoristas e pedestres em uma via ou em uma interseção de vias. Para indicar esta autorização ou proibição do movimento de passagem, utilizam-se focos luminosos afixados em grupos ao lado da via ou suspensos sobre ela, através de elementos de sustentação (postes). De uma forma geral, durante a implantação de um **semáforo**, faz-se necessário a implantação das sinalizações horizontais (faixa de pedestre) e verticais. (BARBACENA, 1994)

O termo semáforo de tráfego é considerado uma instalação completa, incluindo os sinais luminosos (porta-foco, lentes, lâmpadas, coluna, braço projetado, etc.), os fios elétricos, o *controlador de tráfego*, etc. (*idem*)

Existem dois tipos de semáforos; os veiculares e os de pedestres, mas neste projeto o foco será o semáforo veicular.

3.1 SEMÁFORO VEICULAR

Segundo DENATRAN, o semáforo veicular é um dispositivo geralmente composto de três focos de luz de cores distintas, um de cor vermelha, outro de cor amarela e, por último, um de cor verde. Essas cores são padronizadas

internacionalmente e têm funções específicas, regulamentadas no Código de Trânsito Brasileiro, conforme descrito a seguir:

- *Verde*: os condutores de veículos podem seguir em frente, virar à esquerda ou direita, a menos que estejam impedidos fisicamente por outro dispositivo de controle de tráfego ou autoridade legal;

- *Amarelo*: os condutores devem parar o veículo antes de entrar na região de cruzamento e permanecer parados até receber autorização de seguir em frente através da luz verde ou por uma autoridade legal. Caso não seja possível realizar a parada do veículo em segurança ou se não houver tempo hábil para realizar a parada, o condutor deve seguir em frente e cruzar a interseção;

- *Vermelho*: os condutores devem parar os veículos antes de entrar na interseção e permanecer parados até receber autorização para seguir em frente, seja pela sinalização da luz verde ou por uma autoridade legal.

- *Amarelo Piscante*: Este estado é utilizado normalmente simultaneamente em todas as fases semaforicas, sendo ativada quando o controlador está com problemas ou está em manutenção. É muito comum também usar este estado em horários de baixo volume de tráfego, normalmente após a meia noite.

O principal objetivo do semáforo veicular é permitir ou proibir a passagem do tráfego através das indicações luminosas verde/vermelho, respectivamente.

Porém, para não proceder a uma interrupção brusca de movimento, criou-se o tempo de atenção, que é a situação intermediária entre movimento e parada, representado pela cor amarela. Ao receber a indicação amarelo, os motoristas são alertados sobre a proximidade da mudança, porém tem tempo suficiente para reagir a ela.

Os tempos de cada indicação luminosa de um semáforo são denominados estágios ou intervalos, enquanto a seqüência de luzes (verde, amarelo e vermelho) em cada aproximação é denominada fase. O tempo total para a completa seqüência luminosa em todas as aproximações é denominado ciclo. E o tempo entre o fim do verde de uma fase (perda do direito de passagem) e o início de outra é denominado período entreverdes e geralmente possui a mesma duração do estágio amarelo. [DENATRAN, 1984]

3.2 TERMOS DA TEMPORIZAÇÃO

Para entendermos melhor os termos utilizados na temporização dos semáforos, segue abaixo uma descrição de cada item. (BARBACENA, 1994)

3.2.1 Fase

É uma seqüência completa de indicação de cores dos focos, que permite a um conjunto de vias o controle simultâneo do direito de passagem. No caso da fase veicular temos fisicamente três focos, e uma fase é completada após passar pela seqüência verde, amarelo e vermelho. No caso da fase de pedestre temos dois focos, e uma fase é completada após passar pela seqüência verde, vermelho piscante e vermelho.

3.2.2 Ciclo ou tempo de ciclo

É o tempo gasto para completar uma fase semafórica. A partir deste período, começa a repetir periodicamente, as cores dos focos desta fase.

3.2.3 Estágio

É formado por intervalos dentro de um ciclo, onde são alternados os movimentos das correntes de tráfego. Isto significa que cada estágio corresponde do início ao fim do verde, para cada fase semafórica, em um mesmo cruzamento.

3.2.4 Período de Entreverdes

É período entre o término de verde de uma fase e o início do tempo de verde da outra fase. Este período é caracterizado por ser curto e normalmente, no Brasil, é igual ao tempo de amarelo e em alguns casos, compõe-se do tempo de amarelo mais o tempo de vermelho total.

3.2.5 Vermelho Total

É um período durante o qual todos os focos das fases semafóricas ficam com a cor vermelha. Este período é utilizado para garantir uma maior segurança na limpeza dos veículos no cruzamento e/ou criar um tempo especial para travessia de pedestres.

3.2.6 Diagrama de Tempo

É uma representação gráfica que associa os instantes de mudança dos estágios com a seqüência de cores e duração dos estados de cada fase.

Veja um exemplo em que de instalação de um semáforo em um cruzamento com as seguintes características (fornecidas pelo engenheiro de tráfego):

- interseção de duas vias de sentido único (mão única).
- tempos de verde: 30 e 25 seg.
- tempos de amarelo = 3 seg.
- tempos de vermelho total = 2 seg.
- não considerar os movimentos de pedestres.

Na Figura 2.1a está representado o cruzamento em questão. Na Figura 2.1b é representado os dois estágios possíveis: o estágio 1, quando são permitidos os movimentos oriundos da aproximação pela rua A e o estágio 2, quando são permitidos os movimentos oriundos da aproximação pela rua B. Para obter o diagrama de tempos, deve-se observar os valores dos tempos de cada estado das fases. Observe que a fase 1 após 30 seg, deve entrar no amarelo, passando pelo vermelho total quando começa o verde da fase 2, e até o final deste verde, do amarelo e do vermelho total desta fase, a fase 1 permanece em vermelho. De modo análogo obtém-se a fase 2, considerando que enquanto uma fase está no verde ou amarelo a outra deverá encontrar-se no vermelho. Na Figura 2.2 é mostrado o digrama de tempos.

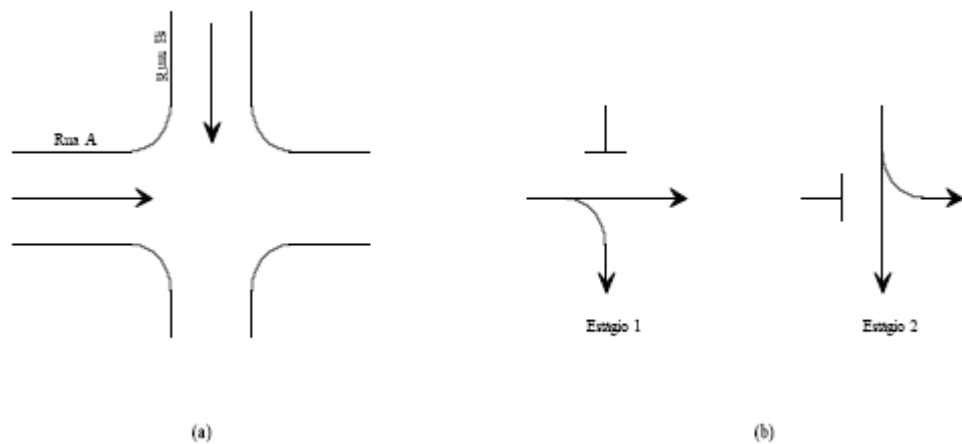


Figura 2.1 - Movimentos de aproximações e diagramas de estágios
Fonte: Barbacena, 1994

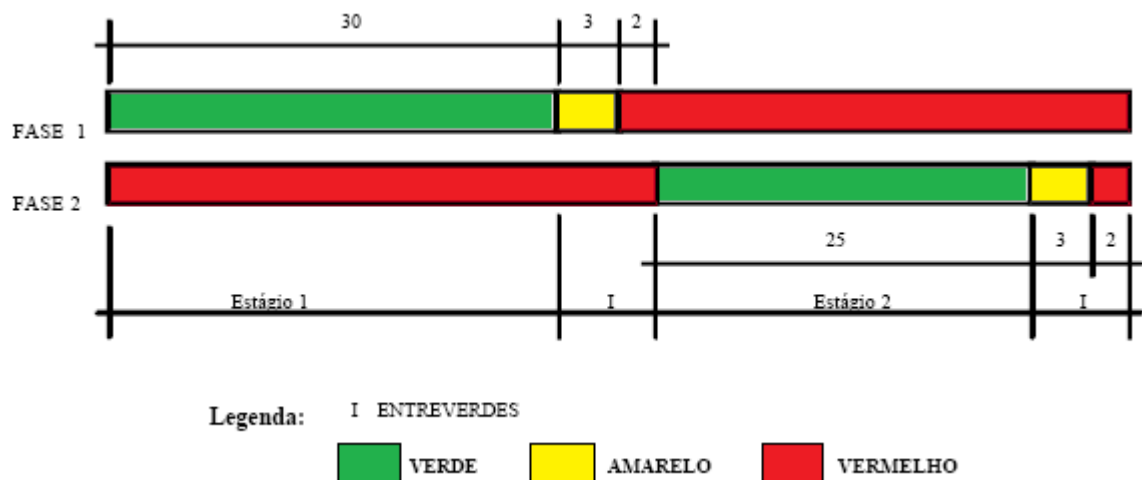


Figura 2.2 - Diagrama de tempos
Fonte: Barbacena, 1994

Para o calculo do tempo de ciclo, basta efetuar a seguinte soma:

$$\text{ciclo} = \text{verde1} + \text{amarelo1} + \text{vm_total1} + \text{verde2} + \text{amarelo2} + \text{vm_total2}$$

$$\text{ciclo} = 30 + 3 + 2 + 25 + 3 + 2 = 65 \text{ segundos.}$$

Neste caso o período entreverdes será de :

$$I = 3 + 2 = 5 \text{ segundos.}$$

3.3 PLANO DE TRÁFEGO

O tempo de ciclo, duração e instantes de início dos estágios, e as cores dos focos constituem um conjunto de parâmetros denominados *planos de tráfego*, cujos valores são programados nos controladores de tempo fixo. Isto significa que cada plano de tráfego deve corresponder um diagrama de tempos, e que quanto maior a quantidade de *fases semaforicas*, mais dados terão o plano de tráfego. (CONTRAN, 1979).

Alguns controladores de tráfego permitem a programação de mais de um plano de tráfego, que podem servir para diversas situações existentes ao longo do dia, como por exemplo: pico da manhã, pico da tarde, fora do pico, fim de semana, após a meia noite, etc. (BARBACENA, 1994).

Para o dimensionamento operacional de um semáforo o parâmetro básico normalmente utilizado é o fluxo médio nos períodos de pico. Os semáforos mais atualizados tecnicamente possuem um sistema interno de controle que altera o ciclo e os tempos de verde ao longo do dia. (NOVAIS, 1978).

Existem também outros semáforos mais modernos que alteram o ciclo e os tempos de verde conforme o fluxo da via.

3.4 CONTROLES DE INTERSEÇÕES

A autorização dos movimentos é feita através de indicações luminosas (cores) dos grupos focais do semáforo, que, por sua vez, devem receber comandos para efetuar a comutação das lâmpadas. Os comandos para mudança de cores

(estágios) são enviados ao semáforo por um dispositivo denominado controlador de tráfego.

3.4.1 Tipos de Controles

O *controlador de tráfego* é um equipamento que comanda o semáforo através do envio de pulsos elétricos para comutação das luzes dos focos, efetuando assim, o controle dos movimentos de veículos e pedestres no sistema viário. O instante em que os pulsos são enviados é definido através de uma programação interna, cuja lógica pode ser simples ou complexa, dependendo do tipo de controlador. (DENATRAN, 1984).

Existem basicamente dois tipos de controladores: controladores de tempo fixo e controladores por demanda de tráfego. (ARAÚJO, 2006).

Nos *controladores de tempo fixo* o tempo de ciclo e os instantes de mudança dos estágios são constantes. Isto significa que o diagrama de tempo é fixo para cada plano de tráfego, independente da demanda instantânea de tráfego. Nestas circunstâncias, pode-se elaborar planos de tráfegos para diversas situações existentes ao longo do dia, como por exemplo: pico da manhã, pico da tarde, fora do pico, após meia noite, etc.

Nos *controladores por demanda de tráfego* são utilizados detectores de veículos e lógica de decisão. Caracterizam-se por possuírem tempo de ciclo variável, ajustando-se, dinamicamente, às flutuações de tráfego que podem ocorrer num cruzamento. Neste caso, ao tempo de verde associado a um determinado estágio,

deverá ser programado os seguintes valores: *verde mínimo*, *verde máximo* e *extensão de verde*. O mínimo período de verde corresponde ao tempo necessário para passagem segura de um veículo, ou travessia de pedestre no cruzamento. A partir da duração mínima, são adicionadas extensões de verdes, acionadas pela detecção de veículos na faixa de tráfego com direito de passagem. O número de extensões será limitado pelo máximo período de verde programado.

3.4.2 Categoria de Política de Controle

A escolha do tipo de controlador para implantação em um cruzamento, dependerá da estratégia de controle adotada. Existem três categorias básicas que descreveremos a seguir: (BARBACENA, 1994)

3.4.2.1 Controle Isolado do Cruzamento

Neste tipo de controle são considerados apenas os volumes de veículos existentes no cruzamento. Utilizados em cruzamentos distantes de outros semáforos, não havendo qualquer compromisso de sincronismo. Neste caso, pode utilizar-se tanto o controlador com tempos fixos como o controlador por demanda de tráfego.

3.4.2.2 Controle Arterial de Cruzamentos (rede aberta)

Neste tipo de controle, também conhecido como *sistema progressivo* ou *sincronizado* ou *onda verde*, a preocupação é dar continuidade de movimentos em uma determinada via. Desta forma, o condutor deverá pegar todos os verdes de todos os semáforos em uma via, se estiver implementando uma determinada velocidade fixa. Para conseguirmos 100% de sincronismo é necessário que todos os

semáforos desta via tenham um mesmo tempo de ciclo fixo, e que a via seja de sentido único. Neste caso, devemos utilizar *controladores a tempo fixo*.

3.4.2.3 *Controle em Rede Fechada*

Neste tipo de controle são consideradas todas as intersecções sinalizadas de uma determinada região. Um exemplo típico são os centros urbanos das grandes cidades, onde praticamente existem semáforos em cada cruzamento, e estão muitos próximos entre si, formando uma malha semafórica. Este tipo de controle caracteriza-se pelo uso de um *computador central*, comunicando-se *on-line* com todos os controladores da rede. Desta forma, são implementadas algumas facilidades, tais como:

- a- flexibilidade e facilidade de mudança de planos de tráfego a tempo fixo;
- b- facilidade de supervisão pelo operador de sistema;
- c- implantação de estratégias mais complexas.

CAPÍTULO 4 – ONDA VERDE

O controle arterial de cruzamentos tem por objetivo principal operar, de forma coordenada, os semáforos ao longo de uma via arterial (corredor de tráfego ou via preferencial), estabelecendo um sistema progressivo de aberturas (instante de início do tempo de verde), que resulta no máximo de continuidade de movimento entre as interseções adjacentes e mínima interrupção ao fluxo de veículos. (DENATRAN, 1984).

Contrariamente à operação de interseções isoladas, os semáforos dos cruzamentos da via arterial são considerados como um todo (sistema) e não apenas individualmente. (*idem*).

Todas as propostas de controle têm como princípio básico o fato de que os veículos que trafegam pela via arterial, ao receberem autorização de movimento, atravessam os cruzamentos em pelotões (grupo compacto de carros), e assim constituídos percorrem o trecho da via até atingir o próximo semáforo. (*idem*).

A diferença de tempo entre os instantes de início de um estágio predeterminado numa interseção (normalmente o estágio verde para a via principal) e o correspondente estágio numa interseção de referência (interseção mestre) é denominada defasagem. Dessa forma, o controle dos semáforos de maneira coordenada é feito através do ajuste adequado das defasagens entre os cruzamentos. Para que os valores calculados de defasagens se mantenham

constantes ao longo do tempo, é necessário que os instantes relativos ao início dos estágios também o sejam, e isso implica a adoção de um valor de ciclo comum a todas as interseções do sistema. Conseqüentemente o sistema operará com planos de tráfego de tempo fixo. (*idem*).

A sincronização de semáforos próximos permite reduzir os atrasos e o número de paradas nos semáforos, tipicamente de 50% a 80% e isto permite que se instale um número maior de semáforos (se necessário), sem comprometer a fluidez de um sistema.

A sincronização é o método mais comum de coordenação de semáforos. Ela é feita através de um elo comum, como por exemplo, um comando central, que permite que cada semáforo opere com um ciclo, tempo de verde e defasagens determinados, de forma a manter em cada instante de operação o mesmo padrão de tráfego nos semáforos coordenados. (DENATRAN, 1984).

De acordo com DENATRAN, o principal objetivo da coordenação é atingir uma dada política de controle, como por exemplo, minimização dos atrasos nos semáforos e/ou o aumento da capacidade da via. A coordenação de semáforos aplica-se convenientemente em determinadas situações, nas quais se deseja estabelecer algum critério de racionalização do comportamento do tráfego, como por exemplo, nos casos em que:

- a) deseja-se priorizar um determinado itinerário. Neste caso, pode-se coordenar o fluxo simplesmente dando preferência (maior tempo de verde) às respectivas fases dos semáforos do itinerário;

- b) atendimento preferencial da demanda em corredores, cujo objetivo é manter a fluidez do sistema viário, principalmente nas horas de pico.

A tendência inicial do tráfego foi concentrar-se em determinadas vias, as quais normalmente servem de ligação entre o centro comercial e os diversos bairros da cidade. Assim, os primeiros esquemas de controle, denominados sistema arteriais, foram desenvolvidos com o objetivo de coordenar os semáforos de maneira a favorecer o fluxo de veículos nesses corredores (artérias).

Dentre os diversos métodos existentes, destacam-se três tipos:

- (a) Sistema Simultâneo — todos os sinais ao longo da via apresentam o mesmo aspecto para o tráfego, ou seja, eles abrem e fecham simultaneamente. Uma desvantagem desse sistema é que os motoristas tendem a aumentar a velocidade a valores excessivos, pois, como vêem todos os semáforos verdes, tentam atravessar o maior número possível deles até a chegada do vermelho. Quando o movimento de conversões for leve e a distância entre as interseções pequena, este sistema apresenta vantagens na travessia de pedestres.
- (b) Sistema Alternado — os semáforos adjacentes mostram sempre indicações contrárias. Isto significa que, se o veículo percorrer a distância entre duas interseções na metade do tempo de ciclo, ele não terá necessidade de parar ao longo do seu trajeto. A utilização

desse método em vias que não têm distâncias constantes entre seus semáforos poderá trazer algumas inconveniências.

- (c) Sistema Progressivo — os tempos de verde entre interseções adjacentes são ajustados de maneira a se obter, numa determinada velocidade, progressão ao longo da via. Em vias de mão dupla, a progressão em ambos os sentidos é desejável e isso geralmente resulta num compromisso entre os fluxos das duas direções e o fluxo das interseções secundárias (vias transversais). Sob baixas condições de tráfego o sistema progressivo provavelmente acarretará maiores atrasos do que os produzidos por sistemas não coordenados, porque ele determinará uma regra de prioridade para a via principal, em detrimento da via secundária. Em vias de mão dupla, este sistema apresenta aspectos positivos quando existe a ocorrência de tráfego direcional, ou seja, quando por um determinado período, o volume veicular num certo sentido de movimento é predominante.

A eficiência de qualquer um desses sistemas de controle depende das distâncias entre as interseções, da velocidade do tráfego, do tempo de ciclo (constante para todos os semáforos), da capacidade da via e dos efeitos negativos gerados por fatores tais como, movimentos de conversão, estacionamento, carga/descarga e travessia de pedestres. (DENATRAN, 1984)

4.1 SISTEMA PROGRESSIVO

A obtenção de sistemas progressivos, comumente denominados “ondas verdes”, é feita através do ajuste adequado dos instantes de início do período de verde nas interseções sinalizadas da via principal (corredor). Para tanto, os engenheiros de tráfego normalmente se utilizam de técnicas manuais tais como monogramas, representações gráficas e método do tipo tentativa e erro. Dentre estes procedimentos, o mais comum e, provavelmente o mais prático, é a construção dos diagramas de espaço x tempo. (DENATRAN, 1984).

A construção do diagrama espaço x tempo consiste basicamente em se determinar defasagens entre os semáforos, de tal forma que os tempos de percurso dos veículos entre os semáforos seja o esperado. Isto significa que os semáforos deverão indicar verde assim que os veículos se aproximem da faixa de retenção do cruzamento, estabelecendo uma velocidade de progressão constante ao longo da via que eles estão percorrendo. (*idem*).

4.2 SINCRONIZAÇÃO PELO SISTEMA PROGRESSIVO – VIAS DE MÃO ÚNICA

De acordo com o DENATRAN, o procedimento a ser seguido para a sincronização de semáforos em vias de mão única através da elaboração de um diagrama espaço x tempo (Onda Verde) é o seguinte:

- (a) Determina-se o tempo de ciclo ótimo dos semáforos da rede e adota-se o tempo de ciclo do semáforo crítico, como sendo o tempo de ciclo comum para todas as interseções do sistema.

- (b) Estabelece-se a velocidade de progressão desejada;
- (c) O esquema básico para a elaboração do diagrama tempo x espaço, é feito colocando-se todas as interseções sinalizadas ao longo da escala horizontal. A figura 4.1. ilustra as etapas de construção do diagrama;
- (d) Uma linha de construção é desenhada em diagonal no diagrama com a inclinação igual à velocidade de progressão desejada. Esta linha já é linha limite da banda de passagem;
- (e) As fases dos ciclos são construídas em cada interseção de modo que o início do período de verde seja colocado na linha de construção, em cada interseção;
- (f) A linha superior é desenhada em paralelo à linha anterior. Se todos os semáforos possuem tempo de verde iguais, então a largura da banda de passagem é igual a um período de verde mais o tempo de amarelo da fase. Com tempos de verde diferentes entre os semáforos, a largura da banda de passagem é dada pelo menor período de verde mais o tempo de amarelo;
- (g) As defasagens são determinadas medindo-se os deslocamentos do início dos períodos de verde das interseções individuais em relação ao início do período verde do semáforo base.

O mesmo procedimento usado para a determinação de onda verde em uma via de mão única, pode também ser aplicado a vias da mão dupla que apresentem picos direcionais de movimento, beneficiando, assim, o sentido do movimento crítico. (DENATRAN, 1984).

No diagrama da figura 4.1, o tempo e os intervalos de duração dos estágios são desenhados na vertical, enquanto as distâncias entre as interseções estão dispostas na horizontal. As retas inclinadas indicam a velocidade de progressão que os veículos deverão apresentar para transpor os cruzamentos no sinal verde e o espaço compreendido entre dois ciclos paralelos é denominado banda de passagem.

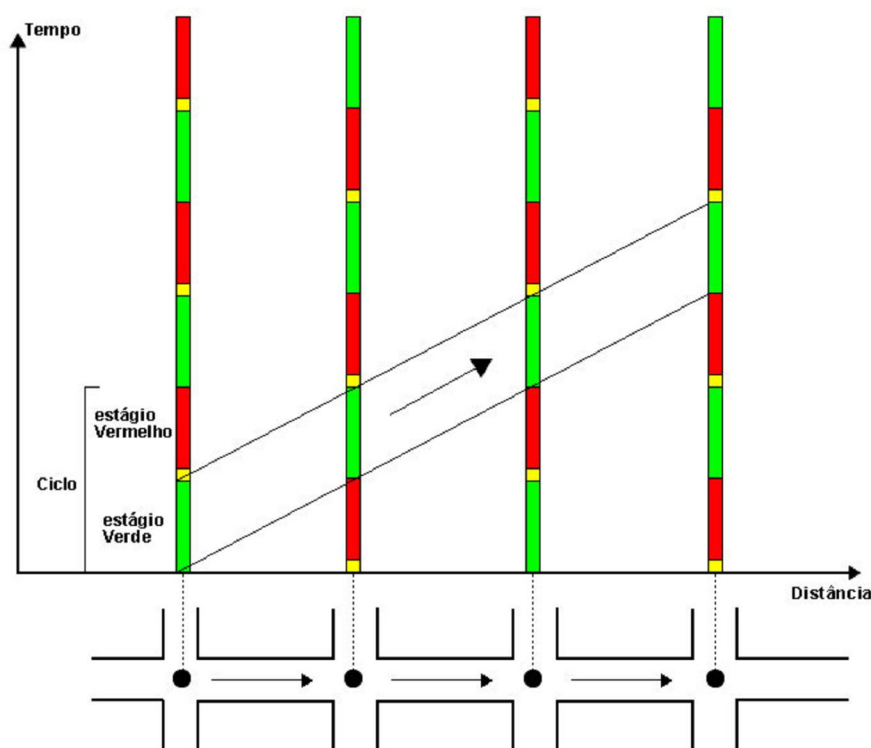


Figura 4.1 - Diagrama de espaço x tempo da “onda verde”.
Fonte: ARAÚJO, 2006

A inclinação da banda de passagem representa a velocidade de progressão do tráfego e é denominada de velocidade da banda. A largura da banda de passagem representa o intervalo de tempo, em segundos, disponível para um veículo transpor a distância compreendida entre uma interseção e a seguinte. (DENATRAN, 1984 *apud* ARAÚJO, 2006).

Para uma correta coordenação dos semáforos de uma via arterial é necessário, ainda, considerar alguns fatores básicos: (DENATRAN, 1984).

- a) Distância entre as interseções sinalizadas: distância entre semáforos adjacentes. Pode variar de 50m a 600m. A necessidade de coordenar semáforos é inversamente proporcional à distância entre eles;
- b) Operação da via: vias de mão dupla e mão única devem ser tratadas de forma distintas. A complexidade aumenta em vias de mão dupla;
- c) Número de estágios e fases das interseções: algumas interseções possuem poucas fases e estágios, porém algumas interseções demandarão estágios especiais, como, por exemplo, conversão à esquerda ou direita;
- d) Perfil de chegada à interseção: os veículos podem chegar uniformemente à interseção ou em blocos. A necessidade desta análise se dá pelo fato de quanto mais uniforme for a chegada dos veículos, menos será a necessidade de coordenação dos semáforos;
- e) Flutuações do tráfego ao longo do dia: durante o período do dia, as características de chegada e volume do fluxo de veículos variam consideravelmente.

CAPÍTULO 5 – IMPLEMENTAÇÃO DO PROJETO

Neste capítulo é apresentada a descrição do planejamento para a montagem da maquete, bem como a criação do algoritmo necessário para fazer o sincronismo do sinal verde de um semáforo. Existem outros algoritmos para sincronismo de semáforos; neste projeto, o algoritmo desenvolvido, é um exemplo de sincronismo, do tipo malha aberta.

Dizemos que a sincronização utilizada neste projeto é do tipo malha aberto, pois não existe uma realimentação da via para o microcontrolador, logo os planos de tráfego deste projeto são fixos e não se alteram conforme o fluxo da via, mas os planos podem ser alterados por horário, dando uma maior flexibilidade para a sincronização, mesmo esta sendo fixa.

5.1 PLANEJAMENTO

Para o desenvolvimento deste projeto, foi necessário primeiramente planejar como implementar a solução de sincronismo. Além da consulta em algumas bibliografias, foi também realizado um monitoramento de alguns semáforos para verificar o seu comportamento quanto ao tempo de verde, amarelo e vermelho. Nesta ida a campo, também foi observado a distância entre os semáforos de uma determinada via, a fim de ajudar na elaboração da maquete, reproduzindo na mesma aquilo que fora observado.

5.2 DISTÂNCIA ENTRE OS SEMÁFOROS

A distância entre os cinco semáforos utilizados no projeto foi montada segundo as observações realizadas nas ruas de Brasília. Este é o ponto principal do projeto, pois é com o referencial das distâncias que todo o sincronismo acontece.

Segundo DENATRAN, os ajustes finos nos tempos do sincronismo são feitos posteriormente a implementação, verificando assim o comportamento da via e então seguindo esta observação, é possível ajustar e corrigir erros entre a teoria e a prática.

Nas figuras 5.1 e 5.2 estão ilustrados o espaçamento entre os cinco semáforos utilizados neste projeto de sincronismo bem como o tempo entre eles. Os cinco semáforos, representados pelas letras A, B, C, D, e E, foram distribuídos em 2000 metros e o tempo total para percorrermos esta distância a 60 km/h é de aproximadamente 120 segundos.

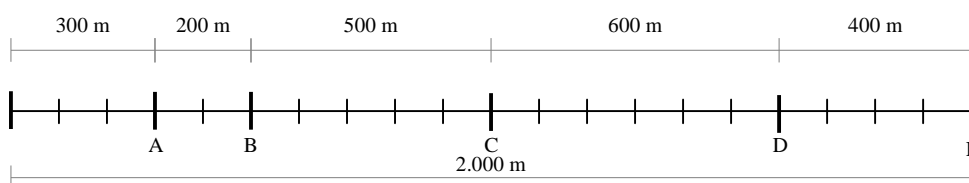


Figura 5.1 - Mapa das distâncias entre os semáforos

Em posse da distância entre os semáforos e também da velocidade média da via, é possível determinar o tempo necessário para chegar ao próximo semáforo com o sinal verde se mantivermos uma velocidade média constante. Para fins de demonstração neste projeto, foi escolhido a velocidade de 60Km/h e utilizou-se a fórmula do movimento retilíneo uniforme (MRU) para a determinação do tempo.

$$v = \frac{d}{t} \quad \text{onde "v" é a velocidade, "d" a distância e "t" o tempo.}$$

Na figura 5.2 é possível observar os tempos entre cada semáforo. Esses tempos foram obtidos utilizando a fórmula do MRU acima.

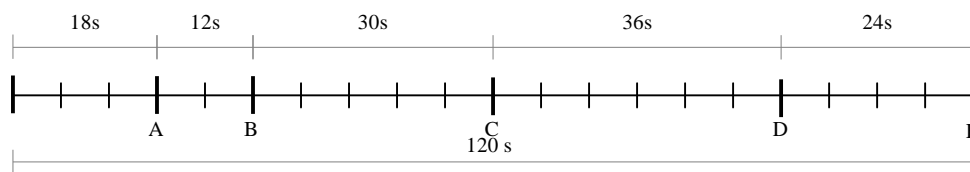


Figura 5.2 - Mapa dos tempos entre os semáforos

Foi possível utilizar a fórmula do MRU, pois se está fazendo apenas uma demonstração do sincronismo entre os semáforos. Como é necessário carregar as tabelas com os tempos de acionamento do próximo semáforo, o valor médio dos tempos pela distância que será percorrida já é um valor aceitável e válido.

5.2.1 Plano de tráfego do projeto

Para o desenvolvimento deste projeto e para fins de demonstração, foram criados três planos de tráfego, sempre utilizando como referência a distância e o tempo entre cada semáforo. O primeiro plano, que será utilizado em horário normal, tem o tempo total do ciclo será de 53 segundos e este ciclo está dividido da seguinte maneira:

- Tempo de Verde: 30 segundos;
- Tempo de Vermelho: 20 segundos;
- Tempo de Amarelo: 3 segundos.

Na Figura 5.3 está representado graficamente o plano de tráfego para o horário normal.

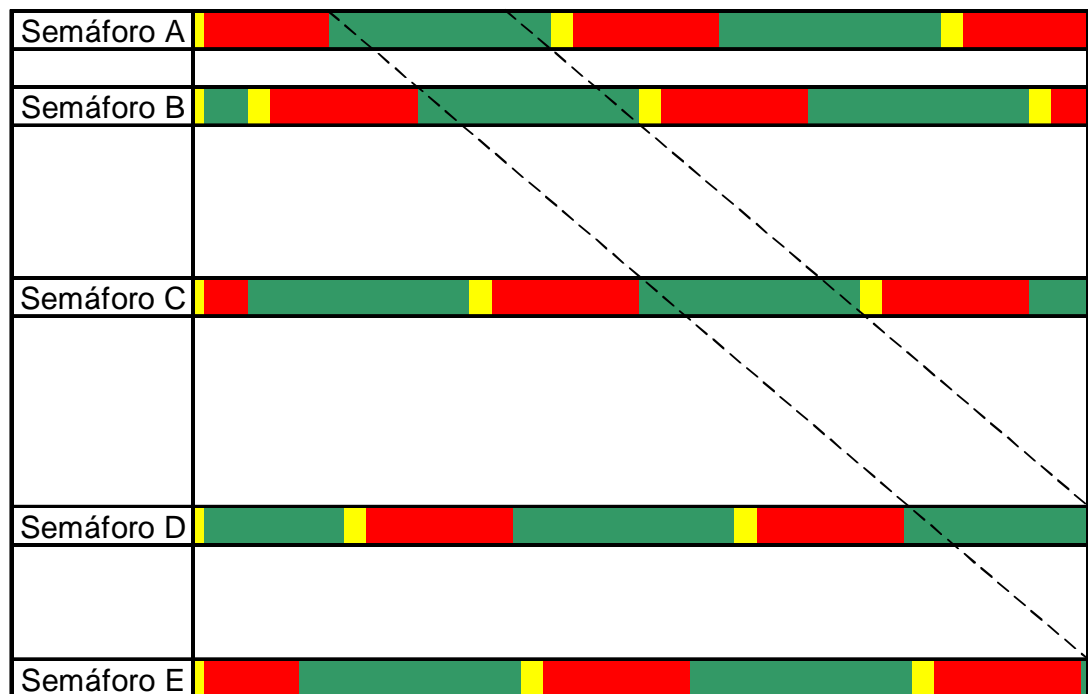


Figura 5.3 - Diagrama de espaço x tempo do plano de tráfego do horário normal

O segundo plano, utilizando em horário de pico, tem o tempo total do ciclo de 80 segundos e este ciclo está dividido da seguinte maneira:

- Tempo de Verde: 60 segundos;
- Tempo de Vermelho: 17 segundos;
- Tempo de Amarelo: 3 segundos.

Na figura 5.4 está representado graficamente este plano.

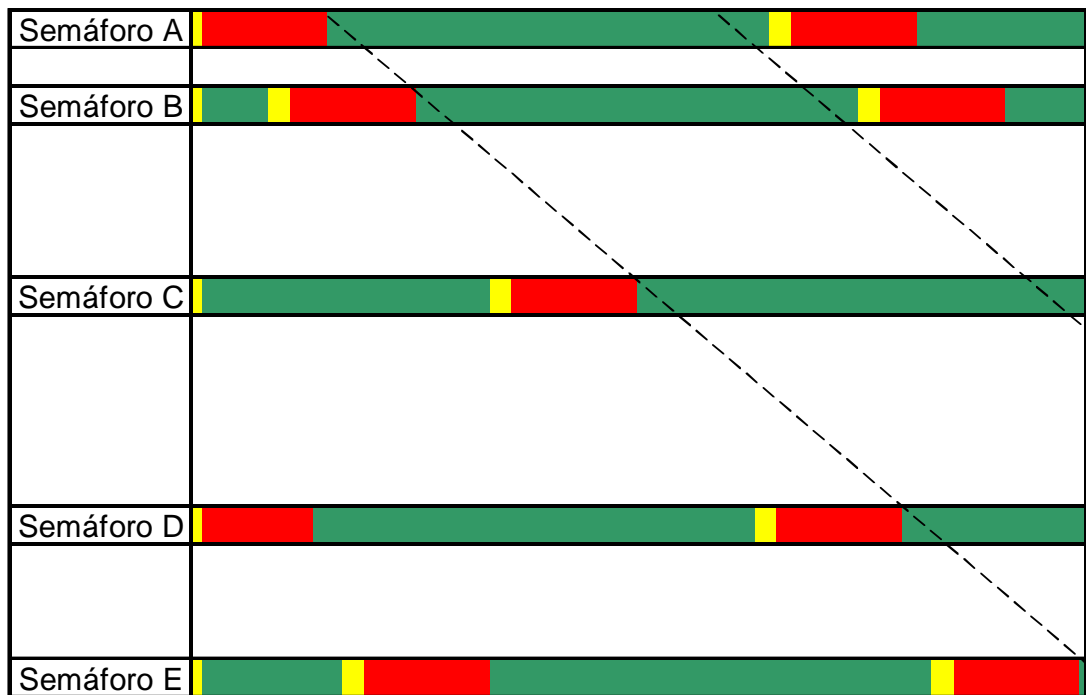


Figura 5.4 - Diagrama de espaço x tempo do plano de tráfego do horário de pico

A soma dos tempos totaliza um ciclo de 53 segundos no primeiro plano e 80 segundos no segundo plano. Este tempo de ciclo é utilizado por todos os semáforos que compõem a sincronização, pois conforme o referencial teórico estudado, para construção e um melhor aproveitamento da onda verde, é necessário que todos os semáforos utilizem o mesmo tempo de ciclo.

O terceiro e último plano, utilizado durante a madrugada, está programado para ficar com o amarelo piscante.

É possível adicionar novos planos conforme necessidade, mas para demonstração de funcionamento estes três planos já são suficientes.

5.3 ALGORITMO

O algoritmo foi desenvolvido após a obtenção da tabela com as distâncias entre cada semáforo, o tempo para atingir o próximo semáforo e finalmente com as tabelas dos planos de tráfego, onde foi possível montar o mapa com o acionamento das luzes indicadoras do semáforo.

O algoritmo está dividido da seguinte maneira:

- *Início*: Zera todas as variáveis utilizadas na programação, ajusta os timer's que serão utilizados e chama as rotinas para iniciar o programa.
- *Loop*: Faz com que o programa percorra toda a tabela com os planos de tráfego.
- *Timer*: Utilizado para gerar um tempo de aproximadamente 1 segundo.
- *Temporização*: Gera o tempo necessário para chegar ao próximo semáforo com auxílio do "1 segundo" gerado pelo timer.
- *Tabela de planos*: Tabela que contém as informações de seqüenciamento das cores do semáforo que serão acionadas conforme a variação do tempo.

A implementação do algoritmo foi realizada em linguagem de programação Assembly. A compilação foi realizada utilizando-se o ASM51, fornecido juntamente com o kit de desenvolvimento CW552, o mesmo utilizado no laboratório das aulas de microcontrolador.

Inicialmente, quando o programa é executado, ele mantém as luzes amarelas de todos os semáforos em amarelo por cinco segundos, depois ele inicia o processo de sincronismo e obtém as informações do seqüenciamento de acionamento das luzes dos semáforos percorrendo as tabelas com os planos de tráfego.

Nas tabelas com os planos de tráfego estão as informações de acionamento das luzes do semáforo bem como o tempo em que esta configuração deverá se manter acesa. Quando este tempo finaliza, o programa lê a próxima configuração do acionamento dos semáforos e novamente mantém as luzes acesas até a próxima mudança e assim sucessivamente.

Cada um dos planos chama a rotina de inicio, que zera todas as variáveis e prepara para ler as informações da tabela com o plano de tráfego correspondente.

Abaixo, segue o trecho de código do primeiro plano de tráfego:

PLANO1:

```
MOV R2, #32D ;Move para o Reg.2 quantas vezes o a rotina LOOP será executado.  
DEC R2 ;Decrementa o registrador 2.  
MOV DPTR, #TBPLANO1 ;Carrega o DPTR com o endereço da cabeça da tabela  
– Sequência do Plano1 de tráfego.  
ACALL INICIO ;Chama a rotina Inicio.
```

Para fins de demonstração os três planos são percorridos, um após o outro, mas esses planos podem ser administrados via relógio, onde o microcontrolador lê a tabela adequada conforme o horário.

Nessa demonstração, quando o primeiro plano termina, o segundo é acionado, chamando então a rotina “INICIO”, que ajusta as variáveis para o próximo plano e na seqüência, entra na rotina “LOOP”.

Abaixo o trecho do código com a rotina do loop:

```
LOOP:
MOV  A, R1           ;Move para A o ponteiro que está em R1
MOVC A, @A+DPTR      ;lê efetivamente o valor da tabela em 0100+A
MOV  P1, A           ;Move para a Porta P1 o conteúdo do Acumulador A, Seqüência
INC  R1              ;Incrementa R1 para ler o próximo item da tabela - Seqüência
MOV  A, R1           ;Move para A o ponteiro que está em R1
MOVC A, @A+DPTR      ;lê efetivamente o valor da tabela em 0100+A
MOV  PT4, A          ;Move para a Porta P4 o conteúdo do Acumulador A, Seqüência
INC  R1              ;Incrementa R1 para ler o próximo item da tabela - O tempo
ACALL TEMPO          ;Chama a rotina de tempo, gerando os segundos necessários.
DJNZ R2, LOOP        ;Retorna para “loop” enquanto R2 for diferente de zero.
RET                  ;Retorna para quem chamou a rotina
```

As portas P1 e P4 são utilizadas para acionar os led's da maquete.

O código fonte completo do algoritmo está disponível no apêndice 1 deste projeto.

5.4 MONTAGEM DA MAQUETE

Para a correta montagem da maquete, primeiramente foi realizado um desenho em menor escala para auxiliar na distribuição do espaço, cores utilizadas e pontos de atenção, para que posteriormente este desenho fosse escrito na mesma para auxiliar na pintura.

A maquete foi construída em uma base isopor, pintada utilizando tinta acrílica e após a secagem da tinta, os led's foram fixados para representar os semáforos. A dimensão da base de isopor é de 1000 mm x 500 mm x 20mm (Comprimento x Largura x Altura), conforme as figuras 5.5, 5.6 e 5.7.



Figura 5.5 - Pintura da maquete



Figura 5.6 – Maquete pronta e detalhe dos led's

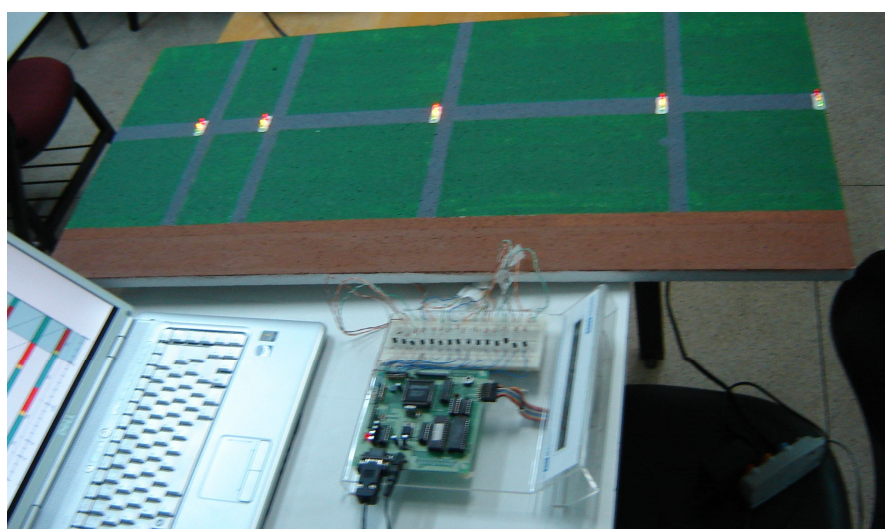


Figura 5.7 – Maquete completa

Para a representação das luzes dos semáforos, foram utilizados led's com as mesmas cores utilizadas nos semáforos.

A conexão dos led's com o microcontrolador foi realizada utilizando-se fio sólido de cobre com diâmetro nominal de 0,50mm e estes materiais foram soldados utilizando ferro de solda comum. O restante dos componentes eletrônicos ficaram no proto-board juntamente com o microcontrolador. Para o acionamento de cada led, foi necessário a utilização de um transistor amplificador modelo BC548, vide figura 5.8 e 5.9, pois a corrente fornecida na saída da porta do microcontrolador não é suficiente para acender o led, visto que um led necessita de aproximadamente 15 mA para acendimento, e cada pino de uma porta do microcontrolador fornece em torno de 5 mA.

Na figura 5.8 pode-se observar a representação da ligação elétrica para o acionamento de apenas um led, sendo que R1 é um resistor de 220 ohms, P1 é a representação de uma das portas de saída do microcontrolador e L1 é a representação de um dos led's que será acionado. A mesma configuração se repete para o acionamento de todos os demais led's utilizados no projeto.

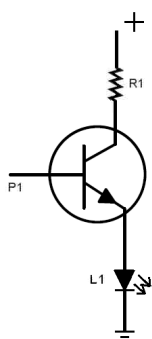


Figura 5.8
Esquema elétrico para o
acionamento do ligação do led.

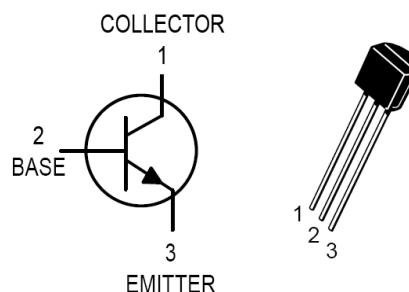


Figura 5.9
Esquema do Amplificador BC548
Fonte: Datasheet, 2008

Nesta configuração, o transistor funciona como chave, em corte ou saturação, isto é, quando estão em corte (aberto) a led ficará apagado, e quando estiver saturado (fechado), o led ficará aceso. A corrente na base do transistor controla o fechamento do contato emissor-coletor. Se a corrente na base for zero, a corrente no coletor será próxima de zero e o transistor estará em corte. Se a corrente na base for maior ou igual à corrente de saturação, a corrente no coletor será máxima e o transistor estará em saturação. (BERTOLI, 2000 *apud* LUCENA, 2006).

Na figura 5.10 esta ilustrada a conexão de um único semáforo, isto é, um conjunto com três led's com as três cores do semáforo, onde Py.n representam as portas de saída "y" do microcontrolador e L xR, L xY e L xG representam os led's vermelho, amarelo e verde, respectivamente, do semáforo "x".

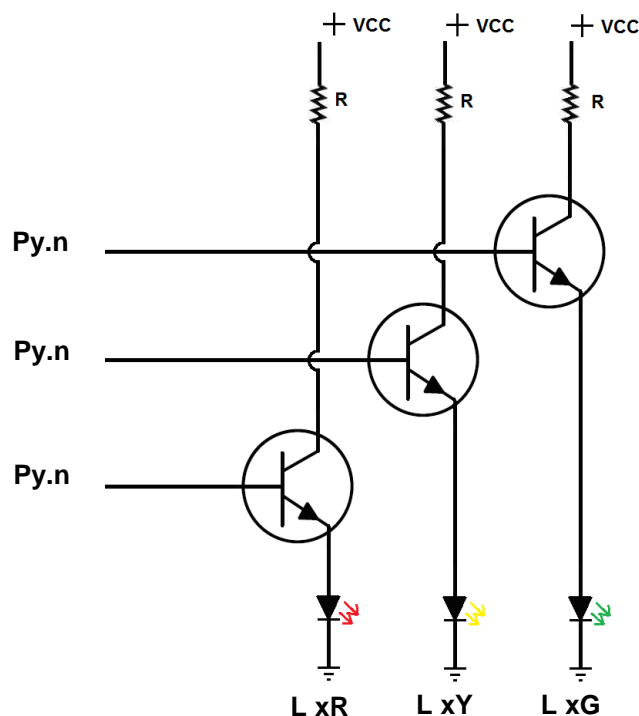


Figura 5.10 – Representação elétrica da ligação dos led's

Na tabela 5.1 pode-se observar a distribuição entre as portas do microcontrolador com os respectivos led's de cada semáforo.

Tabela 5.1 – Conexão dos led's com as portas do microcontrolador		
Porta	Led's	Descrição
P1.7	L AR	Porta P1.7 conectado ao led Vermelho do semáforo A
P1.6	L AY	Porta P1.6 conectado ao led Amarelo do semáforo A
P1.5	L AG	Porta P1.5 conectado ao led Verde do semáforo A
P1.4	L BR	Porta P1.4 conectado ao led Vermelho do semáforo B
P1.3	L BY	Porta P1.3 conectado ao led Amarelo do semáforo B
P1.2	L BG	Porta P1.2 conectado ao led Verde do semáforo B
P1.1	L CR	Porta P1.1 conectado ao led Vermelho do semáforo C
P1.0	L CY	Porta P1.0 conectado ao led Amarelo do semáforo C
P4.7	L CG	Porta P4.7 conectado ao led Verde do semáforo C
P4.6	L DR	Porta P4.6 conectado ao led Vermelho do semáforo D
P4.5	L DY	Porta P4.5 conectado ao led Amarelo do semáforo D
P4.4	L DG	Porta P4.4 conectado ao led Verde do semáforo D
P4.3	L ER	Porta P4.3 conectado ao led Vermelho do semáforo E
P4.2	L EY	Porta P4.2 conectado ao led Amarelo do semáforo E
P4.1	L EG	Porta P4.1 conectado ao led Verde do semáforo E

5.5 KIT DE DESENVOLVIMENTO CW552

Para desenvolvimento deste projeto foi utilizado o Kit CW552. Este possui um microcontrolador 80c552, no qual fornece um ambiente de desenvolvimento integrado e compatível com a família do microcontrolador 8051. Ele é composto por uma base de suporte, protoboard, uma fonte de alimentação, um display de cristal líquido, uma interface serial RS-232 e uma placa de circuito impresso com o microcontrolador. Sua comunicação com o computador é realizada através de um cabo serial no padrão RS-232 com a ligação cruzada (também conhecido como cross-over) (ELS, 2001).

Na figura 5.11 temos a distribuição dos componentes acima mencionados.

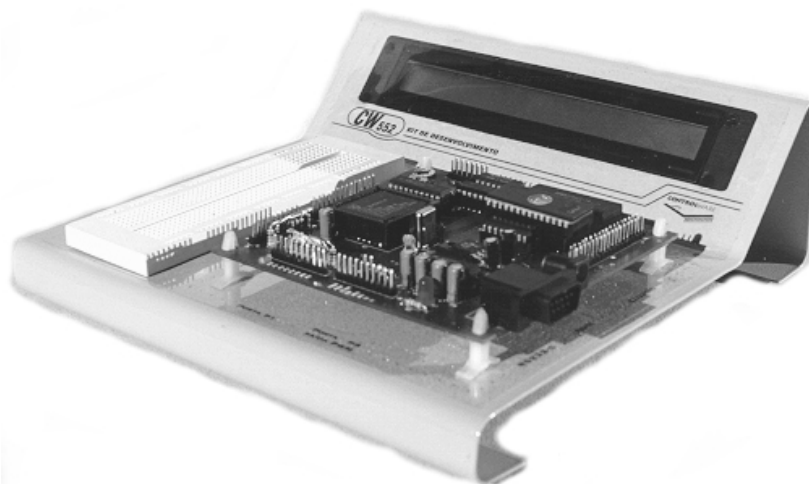


Figura 5.11 – Kit de Desenvolvimento CW552
Fonte: ControlWare Automação, 2001

Todos os pinos de entrada e saída são facilmente acessíveis como mostrado no layout da placa na figura 5.12.

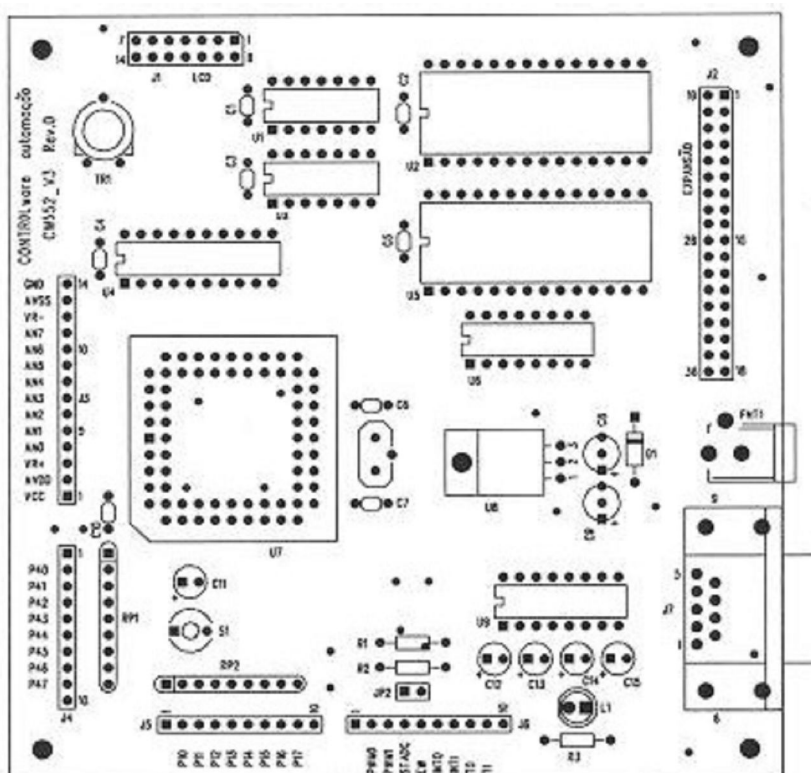


Figura 5.12 – Placa impressa do kit com a distribuição dos componentes e dos pinos
Fonte: ControlWare Automação, 2001

A função do microcomputador neste projeto é sincronizar o acionamento dos semáforos de uma determinada via de trânsito. Para executarmos um programa no CW552 é necessário enviar para a memória RAM do kit um arquivo já compilado. Para isso, utilizamos um compilador ASM51, que transforma o programa digitado em Assembly para um arquivo no formato Intel-Hex. Após a compilação do programa, enviamos o arquivo via conexão serial e por fim, executamos o programa. Tanto o compilador quanto o aplicativo para o envio dos arquivos para o kit são fornecidos juntamente com o kit.

Para o funcionamento do kit é necessário um microcomputador hospedeiro com uma porta serial RS232 e um sistema operacional compatível com LINUX, MSDOS ou Windows, para desta forma realizarmos a comunicação entre o computador e o microcontrolador do kit, conforme ilustrado na figura 5.13.



Figura 5.13 – Comunicação entre o computador e o Kit

Como o computador utilizado para a comunicação com o microcontrolador é um notebook e o mesmo não possuía interface serial fisicamente, foi necessário a aquisição de um cabo conversor de porta serial para porta USB. Na figura 5.14 é mostrado o cabo e a interface USB utilizada neste projeto.



Figura 5.14- Cabo conversor de interface serial (9 pinos) para USB

5.5.1 Contadores e Temporizadores

O 80c552 possui internamente dois Contadores/Temporizadores (TIMER/COUNTER) denominados como T0 E T1. Ambos podem ser configurados para operar como temporizador ou contador de eventos, individualmente (NICOLSI, 2004).

Na função de *temporizador (timer)*, um registrador será incrementado a cada ciclo de máquina. Considerando que cada ciclo de máquina consiste em 12 períodos do clock, a taxa de contagem será de 1/12 da frequência do clock. Na função de *contador (counter)*, um registrador será incrementado em resposta a uma transição de "1" para "0" de seu correspondente pino de entrada externa, T0 e T1. Nesta função, os pinos externos (T0 e T1) são amostrados a cada ciclo de máquina. Quando uma amostragem indicar um nível alto em um ciclo de máquina e um nível baixo no próximo ciclo, o contador será incrementado. A máxima taxa de contagem é

de 1/24 da frequência do clock, visto que são necessários dois ciclos de máquina para o reconhecimento de uma transição de "1" para "0" (NICOLOSI, 2004).

Os dois Contadores/Temporizadores podem ser programados em quatro modos possíveis, a saber:

- MODO 0: Contador com capacidade máxima de 13 bits;
- MODO 1: Contador com capacidade máxima de 16 bits, utilizado no projeto;
- MODO 2: Contador com capacidade máxima de 8 bits e auto-reload;
- MODO 3: Contador misto.

Para programá-los, há dois Registradores de Funções Especiais chamados TMOD e TCON. O TMOD é o registrador de controle de modo Temporizador/Contador, é neste registrador que é feita a seleção de função Temporizador ou Contador e a seleção do modo de operação (modo 0, 1, 2 ou 3) e o TCON é um registrador acessado pelo endereço 88H e é bit endereçável (NICOLOSI, 2004 *apud* OLIVEIRA, 2007). Nas tabelas 5.2 e 5.3, são descritas as funções de cada bit de ambos os registradores.

Tabela 5.2 – Bits que compõem o TMOD.									
Nomes	GATE. 1	C/T.1	M1.1	M0.1	GATE. 0	C/T.0	M1.0	M0.0	TMOD
End Bit	*	*	*	*	*	*	*	*	89H

Abaixo, pode-se verificar as possíveis configurações para o registrador TMOD, que neste projeto foi configurar para utilizarmos a operação de “*timer*”.

C/T.x: seleciona a função, TEMPORIZADOR (timer) ou CONTADOR (counter), será selecionado como TEMPORIZADOR se este bit estiver em "0" e "1" a operação será como CONTADOR.

GATE.x: quando GATE.x e Trx (um bit que compõe o TCON) for igual à 1, o temporizador irá operar somente enquanto o pino INTx for igual à 1 (controle por circuito). Quando GATE.x for igual à 0, o temporizador irá operar somente quando TRx for igual à 1 (controle por software).

M1.x e M0.x: Bits de seleção de modo de operação.

Tabela 5.3 – Bits que compõem o TCON.									
Nomes	TF1	TR1	TF0	TR0	*	*	*	*	TCON
End Bit	8F	8E	8D	8C	*	*	*	*	88H

TFx: bit de overflow do temporizador, ativado pelo circuito quando ocorrer um overflow no temporizador, gerando um pedido de interrupção. É ressetado pelo hardware após terminada a rotina de interrupção.

TRx: bit de controle de operação do temporizador. É o bit que liga e desliga o C/T. Para ligar o temporizador, o software deverá setar este bit, e para desligar deverá resettá-lo.

5.5.1.1 Modo 1 - 16 Bits

Para a execução do projeto de sincronismo dos semáforos, utilizou-se a configuração do timer no modo 1, para gerar o tempo de aproximadamente um segundo que serviu de base para geração dos outros tempos

Este modo funciona com uma contagem de 16 bits, sendo utilizado os registros TH1 e TL1 ou TH0 e TL0 para formar estes 16 bits. Os registradores TH e TL funcionam como byte mais e menos significativos do temporizador, desta forma podemos contar de 0000h até FFFFh (65536 contagens), vide a figura 5.15, gerando um bit TF(0xFFFF) e indicando que chegou a contagem máxima. Este bit TF pode ser usado para monitoração da interrupção, permitindo ativar ou desligar o timer do microprocessador (NICOLSI, 2004 *apud* OLIVEIRA, 2007).

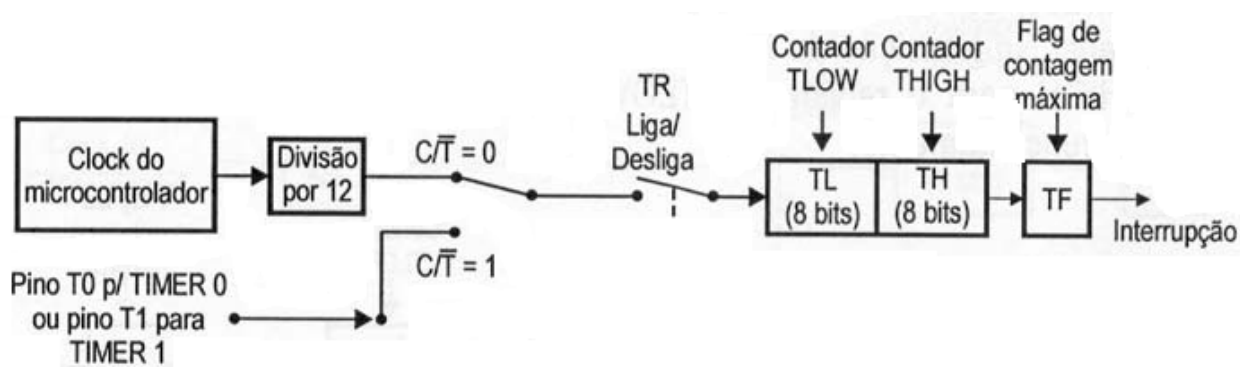


Figura 5.15 – Timer/Counter Modo 1
Fonte: Microcontrolador 8051 detalhado

CAPÍTULO 6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo são apresentadas as considerações finais do projeto. Nas próximas seções são apresentados os resultados e conclusões, as dificuldades encontradas e por fim, sugestões de projetos futuros.

6.1 RESULTADOS E CONCLUSÕES

O desenvolvimento do projeto foi satisfatório e é possível observar o sincronismo acontecer. Como a proposta inicial era de controlar apenas cinco semáforos, foi realizado o controle direto dos led's via portas disponíveis no microcontrolador, isto é, como o microcontrolador tem 16 portas e era preciso controlar 15 lâmpadas, foi escolhido a conexão direta. Caso fosse necessário controlar um número maior de semáforos, seria necessário a inclusão de um multiplexador.

6.2 DIFICULDADES ENCONTRADAS

A maior dificuldade encontrada foi a falta de bibliografia para este assunto e conciliar tempo entre as atividades profissionais e acadêmicas.

Algumas dúvidas relacionadas a programação do kit CW552 foram completamente sanadas com a ajuda do orientador.

6.3 PROPOSTAS FUTURAS

Com o desenvolvimento do projeto e com a leitura do referencial teórico, pode-se relacionar algumas propostas para futuros projetos.

- Conectar o microcontrolador e os semáforos utilizando alguma tecnologia sem fio;
- Implementar a onda verde utilizando uma área com cruzamento de vias;
- Implementar a onda verde em uma via de mão dupla;

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, Saulo Cirineu. **Controlador de Tráfego: Semáforo Inteligente**. Monografia de conclusão do curso de Engenharia da Computação, UniCEUB. Dezembro de 2006.

BARBACENA, Ilton Luiz. **Protótipo de um Sistema para Controle de Tráfego Urbano a Tempo Fixo em Rede**. Dissertação de mestrado do curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal da Paraíba, 1994.

CONTRAN - Conselho Nacional de Trânsito. **Serviços de Engenharia - Manual de Semáforos**", Brasília - DF, Brasil, 1979.

DATA SHEET. BC548. Disponível em:
http://www.datasheetcatalog.org/datasheets/150/128424_DS.pdf. Acessado em: 23 maio 2008.

DENATRAN - Departamento Nacional de Transito. **Coleção Serviços de Engenharia - Manual de Semáforos**. Volume 4. Brasília. DENATRAN. 2ª Edição. 1984.

ELS, Rudi van. **Sistema de desenvolvimento para microcontroladores CW552, CONTROLWARE**. Automação Comercial, Versão 7, Brasília 2001.

GRAEML, Alexandre Reis; GRAEML, Felipe Reis. **A automação do tráfego de veículos (tecnologia aeroespacial/militar x tecnologia de chão de fábrica)**. Anais do ENEGEP 1997 – Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Disponível em:
http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP1997_T6114.PDF. Acessado em: 10 abril 2008

LUCENA, Gustavo Gomes. **Automação residencial por comando de voz utilizando microcontrolador**. Monografia de conclusão do curso de Engenharia da Computação, UniCEUB. Dezembro de 2006.

NICOLOSI, Denys E. C. **Microcontrolador 8051 Detalhado**. São Paulo: Editora Érica 5ª edição, 2004.

NOVAIS, Antônio Galvão. **Métodos de otimização: aplicações aos transportes**. São Paulo: Editora Edgard Blücher ,1978

OLIVEIRA, Arthur Araújo. **Sistema de Controle De Acesso Integrado À Web**. Monografia de conclusão do curso de Engenharia da Computação, UniCEUB. Junho de 2007

PAIVA NETO, Paulo Marinho; CASTRO NETO, Manoel Mendonça de; LOUREIRO, Carlos Felipe Grangeiro. **Progressão em Tempo Real Versus Tempo Fixo por Banda de Passagem em Períodos de Baixa Demanda – Estudo de Caso**. Disponível em: www.sinaldetransito.com.br/artigos/semaforo_banda_real.pdf. Acessado em: 12 março 2008.

REIS, Josy Natal Wenceslau; FARIA, Carlos Alberto; ALMEIDA, Rodrigo Pereira. **Otimização do Fluxo de Veículos Utilizando o Programa TRANSYT 7F**. Universidade Federal de Uberlândia. 2004. Disponível em: www.propp.ufu.br/revistaeletronica/edicao2004/exatas/otimizacao_dos_fluxos.PDF. Acessado em: 14 março 2008.

APÊNDICE A – Código Fonte

```
.*****
;
; orientador: Maria Marony
; autor : Marcelo Quednau
; data : Junho/2008
; objetivo : Sincronismo de semáforo - onda verde
.*****

ORG 8000H
PT4 EQU 0C0H ; Endereço da porta P4
LJMP PLANO1 ; Pula para rotina Plano1

;-----
;
ORG 8100H ;Pulando os endereços das interrupções

PLANO1:
MOV R2, #33D ;Move para o Reg.2 quantas vezes o a rotina LOOP será executado.
DEC R2 ;Decrementa o registrador 2.
MOV DPTR, #TBPLANO1 ;Carrego o DPTR com o endereço da cabeça da tabela
; Sequência do Plano1 de tráfego.
ACALL INICIO ;Chama a rotina Inicio.

PLANO2:
MOV R2, #22D ; Move para o Reg.2 quantas vezes o a rotina LOOP será executado.
DEC R2 ;Decrementa o registrador 2.
MOV DPTR, #TBPLANO2 ;Carrego o DPTR com o endereço da cabeça da tabela
; Sequência do Plano2 de tráfego.
ACALL INICIO

PLANO3:
MOV R2, #21D ;Move para o Reg.2 quantas vezes o a rotina LOOP será executado.
DEC R2 ;Decrementa o registrador 2.
MOV DPTR, #TBPLANO3 ; Carrego o DPTR com o endereço da cabeça da tabela
; Sequência do Plano3 de tráfego.
ACALL INICIO

FIM: LJMP FIM ; Finaliza o programa.

INICIO:
MOV TMOD, #01H ;TIMER 0 NO MODO 1 - 16 BITS
MOV A, #00h ;acerto A para ler o primeiro endereço da tabela
MOV R1, #00H ;Zero o R1 para incrementar A
LOOP:
MOV A, R1 ;Move para A o ponteiro que está em R1
MOVC A, @A+DPTR ;lê efetivamente o valor da tabela em 0100+A
MOV P1, A ;Move para a Porta P1 o conteúdo do Acumulador A, Sequência
INC R1 ;Incrementa R1 para ler o próximo item da tabela - Sequência
MOV A, R1 ;Move para A o ponteiro que está em R1
MOVC A, @A+DPTR ;lê efetivamente o valor da tabela em 0100+A
MOV PT4, A ;Move para a Porta P4 o conteúdo do Acumulador A, Sequência
INC R1 ;Incrementa R1 para ler o próximo item da tabela - O tempo
ACALL TEMPO ;Chama a rotina de tempo, gerando os segundos necessários.
DJNZ R2, LOOP ; Retorna para "loop" enquanto R2 for diferente de zero.
RET ; Retorna para quem chamou a rotina
```

;----- A rotina abaixo gera o tempo necessário para a próxima troca de cores.

TEMPO: ; Gera o tempo total necessário, multiplicando SECUND x o valor de R5

```
MOV  A, R1      ;Move para A o ponteiro que está em R1
MOVC  A, @A+DPTR ;leio efetivamente o valor da tabela em 0100+A
MOV   R5, A      ;Move para o R5 o conteúdo do Acumulador A, Tempo
INC   R1         ;Incrementa R1 para ler o próximo item da tabela - A seqüência
CLR   TR0        ;Desliga timer 0
```

SECUND:

```
MOV  R4, #20D    ;Gera aprx 1s - 20x50000us
```

ATRASSO:

```
CLR  TF0         ;reseta flag do timer
MOV  TL0, #LOW(65535-46083) ;carrega 50mS --> 65535-46083
MOV  TH0, #HIGH(65535-46083) ;carrega 50mS
SETB TR0        ;liga timer 0
JNB  TF0,$       ;espera timer 0 estourar
CLR  TR0        ;desliga timer 0
DJNZ R4, ATRASSO ;decrementa e retorna se R4 não é zero
DJNZ R5, SECUND  ;decrementa e retorna se R5 não é zero
RET                    ; Retorna para quem chamou a rotina
```

;---- Mapa com a seqüência de mudança dos semáforos e dos tempos de mudança

TBPLANO1:

```
                ;---- Plano de tráfego para fluxo normal ----
db  01001001B   ;Acende todas as lâmpadas amarela P1
db  00100100B   ;Acende todas as lâmpadas amarela P4
db  04D         ;Tempo até a próxima mudança=4s
db  10000110B   ;Acende a seq 1 P1
db  00010010B   ;Acende a seq 1 P4
db  06D         ;Tempo até a próxima mudança=6s
db  10001000B   ;Acende a seq 2 P1
db  10010010B   ;Acende a seq 2 P4
db  03D         ;Tempo até a próxima mudança=3s
db  10010000B   ;Acende a seq 3 P1
db  10010010B   ;Acende a seq 3 P4
db  08D         ;Tempo até a próxima mudança=8s
db  00110000B   ;Acende a seq 4 P1
db  10010010B   ;Acende a seq 4 P4
db  02D         ;Tempo até a próxima mudança=2s
db  00110000B   ;Acende a seq 5 P1
db  10100010B   ;Acende a seq 5 P4
db  03D         ;Tempo até a próxima mudança=3s
db  00110000B   ;Acende a seq 6 P1
db  11000010B   ;Acende a seq 6 P4
db  07D         ;Tempo até a próxima mudança=7s
db  00100100B   ;Acende a seq 7 P1
db  11000010B   ;Acende a seq 7 P4
db  01D         ;Tempo até a próxima mudança=1s
db  00100100B   ;Acende a seq 8 P1
db  11000100B   ;Acende a seq 8 P4
db  03D         ;Tempo até a próxima mudança=3s
db  00100100B   ;Acende a seq 9 P1
db  11001000B   ;Acende a seq 9 P4
db  03D         ;Tempo até a próxima mudança=3s
```

db	00100101B	;Acende a seq 10 P1
db	01001000B	;Acende a seq 10 P4
db	03D	;Tempo até a próxima mudança=3s
db	00100110B	;Acende a seq 11 P1
db	01001000B	;Acende a seq 11 P4
db	03D	;Tempo até a próxima mudança=3s
db	00100110B	;Acende a seq 12 P1
db	00011000B	;Acende a seq 12 P4
db	05D	;Tempo até a próxima mudança=5s
db	01000110B	;Acende a seq 13 P1
db	00011000B	;Acende a seq 13 P4
db	03D	;Tempo até a próxima mudança=3s
db	10000110B	;Acende a seq 14 P1
db	00011000B	;Acende a seq 14 P4
db	03D	;Tempo até a próxima mudança=3s
db	10000110B	;Acende a seq 15 P1
db	00010010B	;Acende a seq 15 P4
db	06D	;Tempo até a próxima mudança=6s
db	10001000B	;Acende a seq 16 P1
db	10010010B	;Acende a seq 16 P4
db	03D	;Tempo até a próxima mudança=3s
db	10010000B	;Acende a seq 17 P1
db	10010010B	;Acende a seq 17 P4
db	08D	;Tempo até a próxima mudança=8s
db	00110000B	;Acende a seq 18 P1
db	10010010B	;Acende a seq 18 P4
db	02D	;Tempo até a próxima mudança=2s
db	00110000B	;Acende a seq 19 P1
db	10100010B	;Acende a seq 19 P4
db	03D	;Tempo até a próxima mudança=3s
db	00110000B	;Acende a seq 20 P1
db	11000010B	;Acende a seq 20 P4
db	07D	;Tempo até a próxima mudança=7s
db	00100100B	;Acende a seq 21 P1
db	11000010B	;Acende a seq 21 P4
db	01D	;Tempo até a próxima mudança=1s
db	00100100B	;Acende a seq 22 P1
db	11000100B	;Acende a seq 22 P4
db	03D	;Tempo até a próxima mudança=3s
db	00100100B	;Acende a seq 23 P1
db	11001000B	;Acende a seq 23 P4
db	03D	;Tempo até a próxima mudança=3s
db	00100101B	;Acende a seq 24 P1
db	01001000B	;Acende a seq 24 P4
db	03D	;Tempo até a próxima mudança=3s
db	00100110B	;Acende a seq 25 P1
db	01001000B	;Acende a seq 25 P4
db	03D	;Tempo até a próxima mudança=3s
db	00100110B	;Acende a seq 26 P1
db	00011000B	;Acende a seq 26 P4
db	05D	;Tempo até a próxima mudança=5s
db	01000110B	;Acende a seq 27 P1
db	00011000B	;Acende a seq 27 P4
db	03D	;Tempo até a próxima mudança=3s
db	10000110B	;Acende a seq 28 P1
db	00011000B	;Acende a seq 28 P4
db	03D	;Tempo até a próxima mudança=3s
db	10000110B	;Acende a seq 29 P1
db	00010010B	;Acende a seq 29 P4
db	06D	;Tempo até a próxima mudança=6s

db	10001000B	;Acende a seq 30 P1
db	10010010B	;Acende a seq 30 P4
db	03D	;Tempo até a próxima mudança=3s
db	10010000B	;Acende a seq 31 P1
db	10010010B	;Acende a seq 31 P4
db	05D	;Tempo até a próxima mudança=5s

TBPLANO2:

		;---- Plano de tráfego para fluxo de pico ----
db	01001001B	;Acende todas as lâmpadas amarela P1
db	00100100B	;Acende todas as lâmpadas amarela P4
db	04D	;Tempo até a próxima mudança=4s
db	10000100B	;Acende a seq 01 P1
db	11000010B	;Acende a seq 01 P4
db	09D	;Tempo até a próxima mudança=4s
db	10001000B	;Acende a seq 02 P1
db	11000010B	;Acende a seq 02 P4
db	03D	;Tempo até a próxima mudança=3s
db	10010000B	;Acende a seq 03 P1
db	11000010B	;Acende a seq 03 P4
db	03D	;Tempo até a próxima mudança=3s
db	10010000B	;Acende a seq 04 P1
db	10010010B	;Acende a seq 04 P4
db	02D	;Tempo até a próxima mudança=2s
db	00110000B	;Acende a seq 05 P1
db	10010010B	;Acende a seq 05 P4
db	12D	;Tempo até a próxima mudança=12s
db	00100100B	;Acende a seq 06 P1
db	10010010B	;Acende a seq 06 P4
db	10D	;Tempo até a próxima mudança=10s
db	00100101B	;Acende a seq 07 P1
db	00010010B	;Acende a seq 07 P4
db	03D	;Tempo até a próxima mudança=3s
db	00100110B	;Acende a seq 08 P1
db	00010010B	;Acende a seq 08 P4
db	17D	;Tempo até a próxima mudança=17s
db	00100100B	;Acende a seq 09 P1
db	10010010B	;Acende a seq 09 P4
db	01D	;Tempo até a próxima mudança=1s
db	00100100B	;Acende a seq 10 P1
db	10010100B	;Acende a seq 10 P4
db	03D	;Tempo até a próxima mudança=3s
db	00100100B	;Acende a seq 11 P1
db	10011000B	;Acende a seq 11 P4
db	12D	;Tempo até a próxima mudança=12s
db	00100100B	;Acende a seq 12 P1
db	10101000B	;Acende a seq 12 P4
db	03D	;Tempo até a próxima mudança=3s
db	01000100B	;Acende a seq 13 P1
db	10101000B	;Acende a seq 13 P4
db	01D	;Tempo até a próxima mudança=1s
db	01000100B	;Acende a seq 14 P1
db	11001000B	;Acende a seq 14 P4
db	02D	;Tempo até a próxima mudança=2s
db	10000100B	;Acende a seq 15 P1
db	11000010B	;Acende a seq 15 P4
db	09D	;Tempo até a próxima mudança=9s
db	10001000B	;Acende a seq 16 P1

db	11000010B	;Acende a seq 16 P4
db	03D	;Tempo até a próxima mudança=3s
db	10010000B	;Acende a seq 17 P1
db	11000010B	;Acende a seq 17 P4
db	03D	;Tempo até a próxima mudança=3s
db	10010000B	;Acende a seq 18 P1
db	10010010B	;Acende a seq 18 P4
db	02D	;Tempo até a próxima mudança=2s
db	00110000B	;Acende a seq 19 P1
db	10010010B	;Acende a seq 19 P4
db	12D	;Tempo até a próxima mudança=12s
db	00100100B	;Acende a seq 20 P1
db	10010010B	;Acende a seq 20 P4
db	11D	;Tempo até a próxima mudança=11s

TBPLANO3:

;---- Plano de tráfego para madrugada - amarelo piscante ----		
db	01001001B	;Acende todas as lâmpadas amarela P1
db	00100100B	;Acende todas as lâmpadas amarela P4
db	02D	;Tempo até a próxima mudança=2s
db	01001001B	;Apaga todas as lâmpadas P1
db	00100100B	;Apaga todas as lâmpadas P4
db	01D	;Tempo até a próxima mudança=1s
db	01001001B	;Acende todas as lâmpadas amarela P1
db	00100100B	;Acende todas as lâmpadas amarela P4
db	02D	;Tempo até a próxima mudança=2s
db	01001001B	;Apaga todas as lâmpadas P1
db	00100100B	;Apaga todas as lâmpadas P4
db	01D	;Tempo até a próxima mudança=1s
db	01001001B	;Acende todas as lâmpadas amarela P1
db	00100100B	;Acende todas as lâmpadas amarela P4
db	02D	;Tempo até a próxima mudança=2s
db	01001001B	;Apaga todas as lâmpadas P1
db	00100100B	;Apaga todas as lâmpadas P4
db	01D	;Tempo até a próxima mudança=1s
db	01001001B	;Acende todas as lâmpadas amarela P1
db	00100100B	;Acende todas as lâmpadas amarela P4
db	02D	;Tempo até a próxima mudança=2s
db	01001001B	;Apaga todas as lâmpadas P1
db	00100100B	;Apaga todas as lâmpadas P4
db	01D	;Tempo até a próxima mudança=1s
db	01001001B	;Acende todas as lâmpadas amarela P1
db	00100100B	;Acende todas as lâmpadas amarela P4
db	02D	;Tempo até a próxima mudança=2s
db	01001001B	;Apaga todas as lâmpadas P1
db	00100100B	;Apaga todas as lâmpadas P4
db	01D	;Tempo até a próxima mudança=1s
db	01001001B	;Acende todas as lâmpadas amarela P1
db	00100100B	;Acende todas as lâmpadas amarela P4
db	02D	;Tempo até a próxima mudança=2s
db	01001001B	;Apaga todas as lâmpadas P1
db	00100100B	;Apaga todas as lâmpadas P4

```

db 01D ;Tempo até a próxima mudança=1s
db 01001001B ;Acende todas as lâmpadas amarela P1
db 00100100B ;Acende todas as lâmpadas amarela P4
db 02D ;Tempo até a próxima mudança=2s
db 01001001B ;Apaga todas as lâmpadas P1
db 00100100B ;Apaga todas as lâmpadas P4
db 01D ;Tempo até a próxima mudança=1s
db 01001001B ;Acende todas as lâmpadas amarela P1
db 00100100B ;Acende todas as lâmpadas amarela P4
db 02D ;Tempo até a próxima mudança=2s
db 01001001B ;Apaga todas as lâmpadas P1
db 00100100B ;Apaga todas as lâmpadas P4
db 01D ;Tempo até a próxima mudança=1s
db 01001001B ;Acende todas as lâmpadas amarela P1
db 00100100B ;Acende todas as lâmpadas amarela P4
db 02D ;Tempo até a próxima mudança=2s
db 01001001B ;Apaga todas as lâmpadas P1
db 00100100B ;Apaga todas as lâmpadas P4
db 01D ;Tempo até a próxima mudança=1s
END

```